

# PENENTUAN KAPASITAS JALAN BEBAS HAMBATAN DENGAN APLIKASI PERANGKAT LUNAK VISSIM

**Redi Aditya Yulianto**

MSTT-DTSL Fakultas Teknik  
Universitas Gadjah Mada Yogyakarta  
Jln. Grafika 2, Kampus UGM,  
Yogyakarta, 55281  
Tlp (0274) 545675  
redi.aditya@gmail.com

**Ahmad Munawar**

MSTT-DTSL Fakultas Teknik  
Universitas Gadjah Mada Yogyakarta  
Jln. Grafika 2, Kampus UGM,  
Yogyakarta, 55281  
Tlp. (0274) 545675  
munawar@tsipil.ugm.ac.id

## Abstract

Currently, the used of MKJI 1997 for road capacity analysis in Indonesia has been considered not relevant anymore with traffic condition, road infrastructure, and related regulation. It was strengthened in many previous researches. One of method to determine road capacity value is using microsimulation method. The objective of this research is to determine road capacity value using microsimulation method with VISSIM software for Indonesia case, especially in highway characteristic. The research result show that the capacity value in Highway increased 8% for Cawang-Tomang-Cengkareng (CTC) highway Km 5,4 and 5% for JKT-CKP (JKT-CKP) highway Km 38 than capacity value in MKJI 1997. The different capacity value also occur for different lane or the urban and interurban highway, which is in MKJI 1997 not be distinguished between that difference.

**Keywords:** capacity, highway, microsimulation, VISSIM

## Abstrak

Penggunaan MKJI 1997 untuk analisis kapasitas jalan di Indonesia saat ini dinilai tidak relevan terhadap kondisi lalu lintas, prasarana jalan, dan regulasi terkait. Hal ini dikuatkan oleh beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Salah satu metode penentuan nilai kapasitas jalan, yaitu dengan pendekatan mikrosimulasi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai kapasitas jalan bebas hambatan di Indonesia menggunakan pendekatan mikrosimulasi dengan perangkat lunak VISSIM. Hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan nilai kapasitas di ruas Jalan Tol Cawang-Tomang-Cengkareng (CTC) Km 5,4 sebesar 8% dan Jalan Tol JKT-CKP (JKT-CKP) Km 38 sebesar 5% dibandingkan MKJI 1997. Perbedaan nilai kapasitas terjadi antar lajur, dan antara jalan tol yang melalui perkotaan dengan yang melalui antarkota, di mana kedua hal ini tidak dibedakan dalam MKJI 1997 dalam nilai kapasitas dasarnya.

**Kata-kata kunci:** kapasitas, jalan bebas hambatan, mikrosimulasi, VISSIM

## PENDAHULUAN

Kondisi Jalan bebas hambatan (JBH) saat ini banyak mengalami perkembangan dibandingkan pada saat MKJI 1997 diterbitkan. Perkembangan dari segi prasarana jalan dapat dilihat dari jumlah jalan tol saat ini yang mencapai panjang 949 km yang terbagi dalam 33 ruas di 8 provinsi, dengan peningkatan jumlah kendaraan di Indonesia yang mencapai hampir enam kali lipat pada tahun 2012 dibandingkan jumlah kendaraan tahun 1997.

Penentuan kapasitas jalan dapat dilakukan dengan 3 metode, antara lain: (1) Matematis; (2) Empiris; dan (3) Simulasi. Cara pertama, penentuan nilai kapasitas jalan didasarkan pada hubungan kecepatan, arus, dan kerapatan; hubungan ketiga parameter tersebut dilihat dalam bentuk kurva hubungan dengan persamaan matematis. Nilai kapasitas ditentukan pada kondisi terjadi nilai kepadatan dan kepadatan yang paling tinggi. Cara kedua, penentuan kapasitas didasarkan hasil empiris dari suatu pengamatan di lapangan. MKJI 1997 menetapkan nilai kapasitas secara empiris dengan cara mengalikan nilai kapasitas dasar dengan faktor-faktor penyesuaian dengan besaran yang berbeda-beda tergantung pada saat kondisi analisis kapasitas dilakukan. Cara ketiga, penentuan nilai kapasitas dengan menggunakan komputer untuk mengetahui berapa nilai arus maksimum dari model yang dibangun dalam suatu perangkat lunak simulasi. Model yang dibangun merepresentasikan perilaku mengemudi yang diamati dan nilai kapasitas didasarkan pada arus maksimum yang dapat disimulasikan dengan model yang ada.

VISSIM merupakan perangkat lunak simulasi lalu lintas komersial dengan lingkup pengamatan secara mikroskopik, tiap individu pengguna jalan ditentukan karakteristik perilakunya di jalan. Model pembangun VISSIM menggunakan model perilaku mengemudi *psycho-physical* yang mempertimbangkan perilaku terhadap persepsi pengemudi dalam pengendalian kecepatan kendaraan yang dikemudikannya untuk merespon kendaraan lain dan lingkungan di sekitarnya. Pengaturan perilaku mengemudi dalam VISSIM dilakukan terhadap empat parameter utama yaitu pembuntutan kendaraan (*car following*), perpindahan lajur (*lane changing*), pergerakan lateral kendaraan (*lateral*), dan pengaruh sinyal lalu lintas (*signal control*).

Proses kalibrasi merupakan hal yang paling penting dalam model simulasi mikroskopik, proses simulasi yang baik yang menggambarkan kondisi sesungguhnya di lapangan tergantung pada proses kalibrasi. Besar perbedaan antara model dan kondisi sesungguhnya di lapangan diukur melalui proses validasi dengan membandingkan keduanya dan diuji secara statistik apakah tidak ada perbedaan yang signifikan antara model dan kondisi sesungguhnya.

Berbagai pengujian statistik telah banyak digunakan untuk memvalidasi model simulasi dalam VISSIM. Putri (2015) menggunakan uji Geoffrey E. Havers (GEH) yang merupakan modifikasi dari uji *chi-squared* ( $x^2$ ) dan pengujian *mean absolute percentage error* (MAPE), Sugiarto dan Furqan (2013) menggunakan metode perbandingan *measurement of effectiveness* (MOEs), Pribadi et al., (2014) menggunakan pengujian dua sampel bebas (uji t), sedangkan Madhu dan Velmurugan (2011) menggunakan *root mean square error* (RMSE).

## **METODE PENELITIAN**

Data berupa rekaman video lalu lintas diolah dan diukur parameter-parameter yang dibutuhkan untuk kepentingan simulasi dan analisis, antara lain arus lalu lintas, kecepatan

kendaraan, dan *headway* antar kendaraan. Untuk membangun model simulasi, pengamatan dilakukan pada jam puncak untuk mengetahui arus dengan kondisi maksimum.

Proses pembangunan model VISSIM, antara lain pembuatan jaringan jalan, pengklasifikasian karakteristik jalan, kendaraan, beserta perilaku mengemudinya. Model dikalibrasi agar tidak terdapat perbedaan dengan kondisi sesungguhnya dan divalidasi menggunakan uji statistik. Kalibrasi dilakukan dengan mengubah nilai-nilai parameter perilaku mengemudi dalam VISSIM dan divalidasi dengan menggunakan uji beda dua sampel bebas (uji t).

Model yang telah dinyatakan valid secara statistik divariasikan data masukan kendaraan untuk mendapatkan nilai arus maksimum yang dapat diterima oleh model tersebut. Luaran simulasi berupa arus maksimum, dilihat distribusi arus dan kecepatannya untuk menentukan besar kepadatannya. Kurva hubungan kecepatan dan kepadatan yang terjadi pada kondisi model dengan arus maksimum dijadikan dalam penentuan nilai kapasitas.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Pengolahan Data

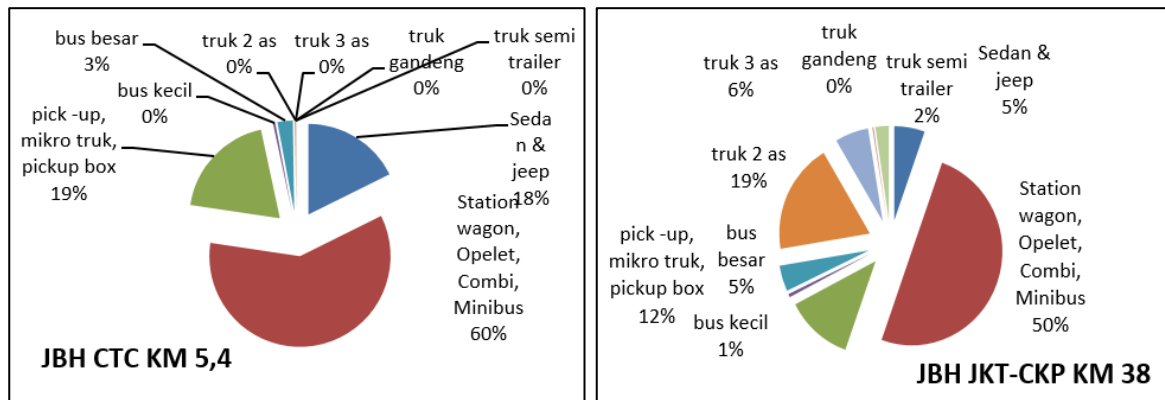
Data volume dan *headway* dilakukan dengan cara mencacah kendaraan dan mencatat waktu kedatangan kendaraan pada titik yang telah ditentukan, proses pencacahan dilakukan pada tiap-tiap lajur lalu lintas. Data kecepatan kendaraan diambil secara *sampling* untuk tiap-tiap jenis kendaraan pada satu arah pergerakan lalu lintas. Klasifikasi kendaraan didasarkan pada kombinasi klasifikasi Euro 13 yang digunakan oleh Ditjen Bina Marga, Kemen. PU untuk perancangan perkerasan jalan dan MKJI 1997 untuk kepentingan analisis kapasitas jalan. Klasifikasi kendaraan yang akan digunakan sebagai acuan pengolahan data dibagi menjadi empat kelas (MKJI 1997) dan dibagi lagi menjadi sembilan subkelas (berdasarkan Euro 13).

**Tabel 1** Klasifikasi Kendaraan dalam Penelitian

Kelas	Light Vehicle (LV)		Medium to Heavy Vehicle (MHV)		Large Bus (LB)	Large Truck (LT)		
	Sedan, Jeep	Station wagon, opelet, combi, minibus	Pickup, mikro truk, pickup box	Bus kecil	Truk 2 as	Bus besar	Truk 3 & 4 as	Truk gandeng

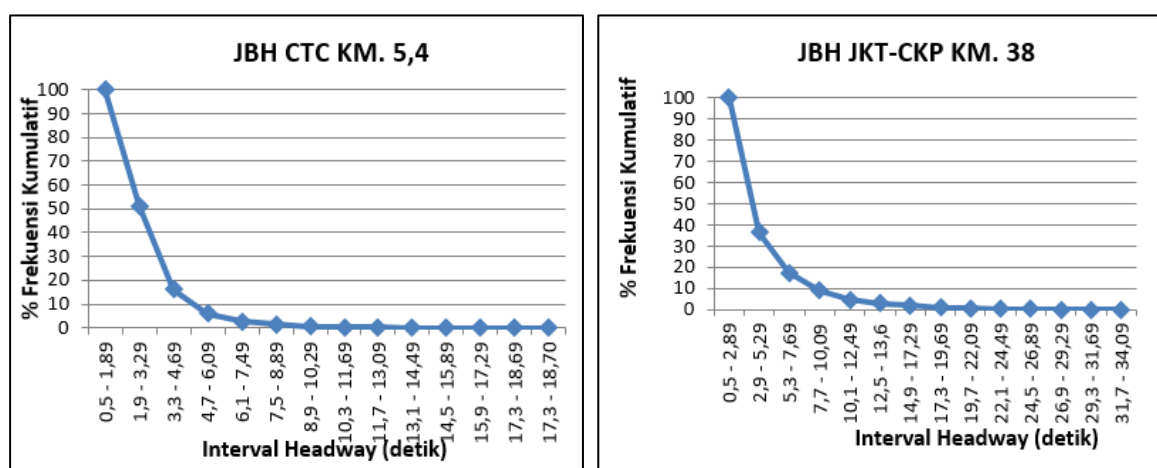
Hasil pencacahan volume kendaraan menunjukkan terdapat perbedaan besar, baik volume lalu lintas maupun komposisi jenis kendaraan antara Jalan Tol CTC dan Jalan Tol JKT-CKP. Total arus pada ruas Jalan Tol CTC Km 5,4 sebanyak 5004 kend/jam arah ke Cengkareng dan 4948 kend/jam arah ke Cawang, Jalan Tol JKT-CKP Km38 total arus

sebanyak 3341 kend/jam arah ke Cikampek dan 3146 kend/jam arah ke Jakarta. Kendaraan yang beroperasi di Jalan Tol CTC didominasi oleh kendaraan ringan (LV), yaitu sebanyak 96% untuk kedua arah pergerakan lalu lintas, dengan komposisi kendaraan berat (LT) yang hampir tidak ada, Jalan Tol JKT-CKP didominasi jenis LV sebesar 70%, dengan proporsi kendaraan jenis lainnya yang lebih terdistribusi.



**Gambar 1** Komposisi Kendaraan Ruas Jalan Tol CTC Km 5,4 dan JKT-CKP Km 38

Hasil pencatatan distribusi *headway* antarkendaraan menunjukkan pola yang berbeda antara kedua ruas. Distribusi *headway* Jalan Tol CTC menunjukkan sebaran data yang lebih seragam dibandingkan Jalan Tol JKT-CKP. Hal ini disebabkan perbedaan volume antara kedua ruas, di mana volume Jalan Tol CTC lebih padat dibandingkan dengan Jalan Tol JKT-CKP, yang menyebabkan kendaraan di ruas Jalan Tol CTC tidak memiliki kebebasan dalam menentukan kecepatannya dibandingkan dengan kendaraan di Ruas Jalan Tol JKT-CKP dan menyebabkan variasi jarak *headway* di JKT-CKP menjadi lebih berfluktuasi dibandingkan di CTC.



**Gambar 2** Distribusi Headway Rata-rata Ruas Jalan Tol CTC Km 5,4 dan JKT-CKP Km 38

Kecepatan operasional di ruas Jalan Tol JKT-CKP memiliki varian lebih besar, hal ini disebabkan keberadaan jenis kendaraan berat yang cukup tinggi dan memiliki kecepatan operasional yang jauh lebih kecil dibandingkan kendaraan jenis lainnya. Secara keseluruhan, Tabel 2 memberikan informasi kecepatan operasional rata-rata di Jalan Tol JKT-CKP Km 38 memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan Jalan Tol CTC Km 5,4.

**Tabel 2** Kecepatan Rata-rata Ruas Jalan Tol CTC Km 5,4 dan JKT-CKP Km 38

Jenis Kendaraan	Arah Cengkareng (km/jam)	Arah Cawang (km/jam)	Arah JKT (km/jam)	Arah CKP (km/jam)	CTC Km 5,4 (km/jam)	JKT-CKP Km 38 (km/jam)	2 Ruas Jalan Tol (km/jam)
LV	76.45	83.36	78.56	84.94	79.90	81.75	80.83
MHV	59.97	66.39	60.90	65.93	63.18	63.41	63.30
LB	65.90	65.52	74.82	77.76	65.71	76.29	71.00
LT	61.34	57.16	49.96	55.73	59.25	52.85	56.05

### *Pemodelan Simulasi VISSIM*

Proses pemodelan dalam VISSIM membutuhkan data-data masukan berupa kondisi jaringan jalan, jumlah dan komposisi kendaraan, distribusi kecepatan tiap jenis kendaraan, pengaturan lalu lintas yang beroperasi dalam jaringan jalan, dan parameter-parameter yang mencerminkan perilaku berkendara di ruas jalan yang akan dimodelkan. Proses pembangunan model VISSIM, yaitu:

- 1) Pembuatan jaringan jalan;
- 2) Data masukan kendaraan;
- 3) Pengaturan komposisi lalu lintas;
- 4) Pengaturan perilaku pengemudi; dan
- 5) Pengaturan proses running dan luaran simulasi.

### *Kalibrasi dan Validasi Model*

Proses kalibrasi dilakukan pada ruas Jalan Tol CTC Km 5,4 karena proses *running* simulasi tidak dapat diselesaikan akibat model yang dikembangkan (*default*) tidak dapat mengkalkulasi masukan volume kendaraan yang diberikan. Sementara itu pada ruas Jalan Tol JKT-CKP Km 38 dengan pengaturan *default* proses *running* dapat diselesaikan sehingga tidak memerlukan kalibrasi, namun masih membutuhkan pengujian validitasnya. Proses kalibrasi pada ruas Jalan Tol CTC Km 5,4 dilakukan dengan mengubah besaran parameter-parameter yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Parameter-parameter berupa volume, kecepatan, dan *headway* diperbandingkan antara model dan observasi di lapangan. Kedua nilai parameter model dan observasi dicari perbandingan nilai variannya untuk menentukan nilai F hitung, kemudian nilai F hitung dibandingkan dengan nilai F tabel untuk menentukan jenis uji t-nya, (equal atau unequal). Nilai t hitung dibandingkan t tabel, di mana model dapat diterima bila  $t \text{ hitung} < t \text{ tabel}$ . Hasil validasi menunjukkan bahwa model dapat diterima secara statistik karena tidak memiliki perbedaan dengan kondisi sesungguhnya di lapangan.

**Tabel 3** Proses Kalibrasi Ruas Jalan Tol CTC Km 5,4

Trial Ke-	Parameter yang Diubah	Nilai		Keterangan
		Sebelum	Sesudah	
0	Tidak ada	-	-	402 veh. remain
1	1. Penggunaan lajur saat <i>freeflow</i> = “any” 2. Menyalip pada lajur yang sama = “on left” dan “on right”			11 veh. remain
2	1. Menghapus ceklis “ <i>advance merging</i> ” 2. Menghapus ceklis “ <i>consider subsequent static routing decisions</i> ”			9 veh. remain
3	<i>Waiting time before difussion</i>	60 s	50 s	9 veh. remain
4	<i>Waiting time before difussion</i>	50 s	30 s	9 veh. remain
5	1. <i>Look ahead distance</i> = “ <i>observed vehicles</i> ” 2. Menghapus ceklis “ <i>smooth closeup behavior</i> ”	2	3	11 veh. remain
6	<i>Waiting time before difussion</i>	30 s	10 s	11 veh. remain
7	<i>Waiting time before difussion</i>	10 s	70 s	11 veh. remain
8	<i>Waiting time before difussion</i>	70 s	120 s	11 veh. remain
9	<i>Waiting time before difussion</i>	120 s	60 s	7 veh. remain
10	Menceklis “ <i>Diamond shape queuing</i> ”			-

**Tabel 4** Uji Validasi Model Ruas Jalan Tol CTC Km 5,4

Parameter	Jenis uji t (uji F)	t hitung	t tabel	Kesimpulan H0
Volume	Unequal	-0,44538	4,302653	diterima
Kecepatan arah Cengkareng	Equal	-1,22874	2,178813	diterima
Kecepatan arah Cawang	Unequal	-1,03501	2,200985	diterima
Headway arah Cengkareng	Equal	0,282545	2,085963	diterima
Headway arah Cawang	Equal	-0,0216	2,063899	diterima

### Penentuan Kapasitas

Model simulasi yang telah dinyatakan valid diubah data masukan volume kendaraannya dengan nilai tertentu untuk mengetahui arus maksimum yang dapat dimasukan kedalam model tersebut, nilai tertentu seperti 6000 kendaraan perjam perarah pergerakan lalulintas. Proses *running* simulasi tidak dapat diselesaikan VISSIM apabila besaran arus kendaraan dengan nilai tersebut tidak dapat diterima oleh model yang ada, proses iterasi dilakukan hingga diketahui berapa arus maksimum yang dapat diterima oleh model simulasi.

Hasil iterasi menunjukkan bahwa pada ruas Jalan Tol CTC Km 5,4 arus maksimum yang dapat diterima oleh model yaitu sebesar 5447 kend/jam/arah dan pada ruas Jalan Tol JKT-CKP Km 38 arus maksimumnya sebesar 4438 kend/jam/arah. Skenario tambahan dilakukan pada ruas Jalan Tol JKT-CKP Km 38, yaitu dengan mengatur parameter perilaku mengemudi dalam VISSIM disamakan dengan parameter perilaku di ruas Jalan Tol CTC Km 5,4. Skenario dilakukan dengan asumsi pada kondisi yang sama, karakter mengemudi di ruas Jalan Tol JKT-CKP akan memiliki perilaku mengemudi yang serupa dengan ruas Jalan Tol CTC dan menghasilkan arus maksimum sebesar 5.399 kend/jam/ arah.

**Tabel 5** Uji Validasi Model Ruas Jalan Tol JKT-CKP Km 38

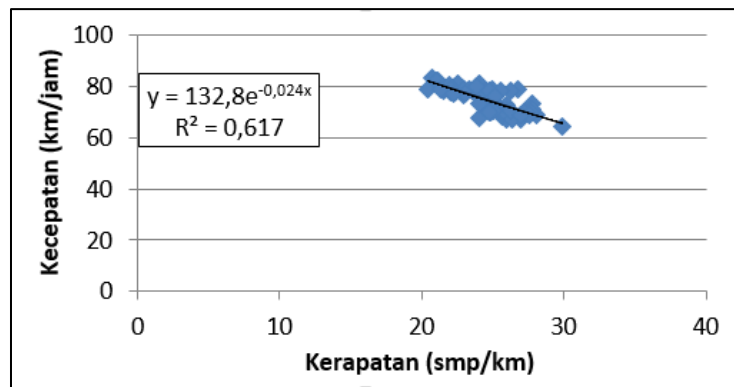
Parameter	Jenis uji t (uji F)	t hitung	t tabel	Kesimpulan H0
Volume	Equal	-0,06594	4,302653	diterima
Kecepatan arah Cengkareng	Equal	-0,69964	2,119905	diterima
Kecepatan arah Cawang	Equal	-0,5502	2,119905	diterima
Headway arah Cengkareng	Equal	0,282545	2,085963	diterima
Headway arah Cawang	Equal	-0,0216	2,063899	diterima

Distribusi arus dan kecepatan hasil simulasi ditinjau fluktuasinya, distribusi arus lalu lintas yang bersifat stokastik dipecah per interval waktu untuk mengetahui keseragaman dalam pola fluktuasinya. Interval waktu dibagi 3, yaitu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Penentuan keseragaman fluktuasi arus didasarkan pada pola sebaran data dan nilai kapasitas yang logis dan tidak bersifat realistis atau *overestimate*.

Arus per interval waktu dijadikan satuan per jam untuk mengetahui arus selama satu jamnya. Penentuan kapasitas ditentukan dengan menggunakan grafik hubungan kecepatan dan kerapatan, dengan menggunakan hubungan antara ketiga parameter, di mana arus didapat dari perkalian kecepatan dan kerapatan ( $q = vk$ ), maka didapat nilai kerapatan. Pola sebaran data direpresentasikan oleh kurva yang paling menggambarkan bentuk dari sebaran data yang ada, nilai ini ditunjukkan oleh besar  $R^2$  kurva terhadap sebaran data. MKJI 1997 untuk Jalan Bebas Hambatan menunjukkan pola sebaran data berupa garis yang hampir linear, sedangkan Iskandar (2011) menggambarkan sebaran data untuk jalan bebas hambatan berupa eksponensial. Pada penelitian ini, pola sebaran data paling baik digambarkan dengan bentuk eksponensial dan linier, sebaran data dilihat nilai  $R^2$ -nya menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antara kurva berbentuk linier dan eksponensial ( $\Delta R^2 = 0,0001$  atau 0,1% perbedaan antara keduanya). Pengambilan kurva eksponensial untuk kepentingan analisis kapasitas didasarkan pada karakteristik jalan bebas hambatan yang menyebabkan hubungan kecepatan dan kerapatan yang tidak linier sepenuhnya, namun memiliki kecenderungan eksponensial.

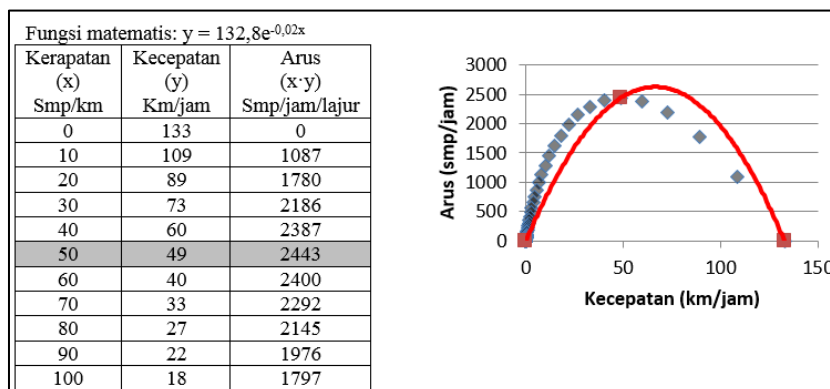
**Tabel 6** Penentuan Nilai Kerapatan Berdasarkan Luaran Model Simulasi

Interval waktu	Arus (q)		Kecepatan (v) Km/jam	Kerapatan (k) Smp/km
	Kend/jam	Smp/jam		
0-5	1764	1812	69,77	26
5-10	1728	1776	71,54	25
10-15	1716	1752	68,27	26
15-20	1716	1752	70,82	25
20-25	1860	1896	72,77	26
25-30	1764	1800	70,57	26
30-35	1812	1836	72,92	25
35-40	1740	1752	70,74	25
40-45	1692	1740	67,09	26
45-50	2004	2040	73,36	28
50-55	1764	1788	69,13	26
55-60	1776	1788	73,53	24



**Gambar 3** Hubungan Kecepatan dan Kepadatan Ruas Jalan Tol CTC Km 5,4 Interval Waktu 5 Menitan

Rumus matematis yang menjelaskan hubungan kecepatan dan kepadatan digunakan untuk mengetahui nilai kecepatan maksimum dan kepadatan pada saat kemacetan. Bentuk kurva tidak linear namun eksponensial negatif sesuai dengan karakteristik jalan bebas hambatan, sehingga nilai kecepatan maksimum tercapai pada saat nilai kepadatan sama dengan nol, namun nilai kepadatan maksimum tercapai pada kondisi di mana kecepatan tidak bernilai nol karena sifat kurva berbentuk eksponensial yang tidak bersinggungan dengan sumbu x, melainkan hampir bersinggungan (asimptotis).



**Gambar 4** Penentuan Nilai Kapasitas Jalan Ruas Jalan Tol CTC Km 5,4

Nilai kapasitas ditetapkan pada saat kombinasi kecepatan dan kepadatan yang paling tinggi sesuai dengan persamaan  $q = vk$ . Berdasarkan hasil analisis, nilai kapasitas yang realistis terjadi pada interval waktu per 5 menit, berdasarkan hasil penelitian, nilai kapasitas yang realistis adalah pada interval waktu 5 menit yang memberikan nilai kapasitas (arus maksimum) sebesar 2443 smp/jam/lajur. Interval waktu 10 menit dan 15 menit dinilai tidak realistis dan *overestimate* karena memberikan kapasitas sebesar lebih dari 5000 smp/jam/lajur. Nilai kapasitas dilihat untuk tiap lajur untuk melihat perbedaan nilai di antaranya, hasil analisis menunjukkan bahwa pada kondisi perilaku mengemudi yang mendekati kapasitas, nilai kapasitas yang diberikan menunjukkan peningkatan dibandingkan nilai kapasitas dasar yang ditetapkan MKJI 1997.



**Tabel 6** Nilai Kapasitas Hasil Simulasi dan MKJI 1997

Jalan Tol CTC			Jalan Tol Jkt-Ckp			Jalan Tol Jkt-Ckp skenario			MKJI 1997
Lajur 1	Lajur 2	Lajur 3	Lajur 1	Lajur 2	Lajur 3	Lajur 1	Lajur 2	Lajur 3	perlajur
2424	2623	2377	2283	2130	2375	2308	2365	2599	2300

Peningkatan kapasitas saat ini dibandingkan saat MKJI 1997 disusun hingga 14% yang terjadi pada ruas Jalan Tol CTC Km 5,4 lajur 2. Perilaku mengemudi di Indonesia yang agresif dan memanfaatkan semua lajur untuk menyalip menyebabkan penggunaan lajur khusus menyalip (lajur 3) tidak serta merta memberikan nilai kapasitas yang paling tinggi. Perubahan perilaku mengemudi yang dilakukan pada ruas Jalan Tol JKT-CKP Km 38 memberikan peningkatan nilai kapasitas hingga 10%, hal ini membuktikan pendekatan mikroskopik dalam analisis kapasitas memberikan pengaruh yang cukup besar sehingga untuk ke depan, penggunaan VISSIM dapat dipertimbangkan dengan alasan efisiensi waktu dan biaya dalam proses pengumpulan data dan simulasi berbagai skenario untuk kepentingan perencanaan dan manajemen lalu lintas.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut.

- 1) Tidak ada perbedaan yang signifikan antara model simulasi dan kondisi lalu lintas yang sesungguhnya di lapangan.
- 2) Terjadi peningkatan nilai kapasitas daripada nilai kapasitas yang dikeluarkan MKJI 1997. Peningkatan nilai kapasitas pada ruas Jalan Tol CTC Km 5,4 sebesar 8% dan pada ruas Jalan Tol JKT-CKP Km 38 sebesar 5%.
- 3) Terdapat perbedaan nilai kapasitas untuk lajur yang berbeda maupun jalan tol yang melintasi perkotaan dan melintasi antarkota.
- 4) Penentuan kapasitas dengan pendekatan mikrosimulasi dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak VISSIM.

Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

- 1) Diperlukan penelitian tersendiri terhadap parameter-parameter lain dalam proses kalibrasi.
- 2) Dalam penentuan kapasitas jalan perlu dilakukan variasi dalam distribusi kecepatan, akselerasi, maupun parameter-parameter perilaku yang secara substantif dapat menentukan besaran kapasitas.
- 3) Diperlukan penelitian terhadap ruas jalan tol lain dengan nilai ekuivalen mobil penumpang (EMP) yang sesuai dengan kondisi lalu lintas saat ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Iskandar, H. 2011. *Ekivalen Kendaraan Ringan dan Kapasitas Dasar Jalan Bebas Hambatan*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Madhu, E. dan Velmurugan, S. 2011. *Estimation of Roadway Capacity of Eight-Lane Divided Urban Expressway under Heterogeneous Traffic Through Microscopic Simulation Models*. International Journal of Science and Technology Education Research, 1 (6).
- Pribadi, O. S., Munawar, A., dan Malkhamah, S. 2014. *Analisis Kapasitas Jalan dengan Metode Traffic Microsimulation*. Proceeding 17th FSTPT International Symposium, Universitas Jember.
- Putri, N. H. 2015. *Mikrosimulasi Mixed Traffic pada Simpang Bersinyal dengan Perangkat Lunak VISSIM*. Tugas akhir tidak diterbitkan. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Sugiarto dan Furqan, Z. 2013. *Assesmen Aktual Kapasitas Jalan pada Segmen Bottleneck Sistematis dengan Pendekatan Metode Simulasi*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, 2 (3): 215-224.